

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-169803

(43)Date of publication of application : 17.06.1992

(51)Int.Cl. G01B 11/24
G01N 21/88
G06F 15/62
G06F 15/62

(21)Application number : 02-295339

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 02.11.1990

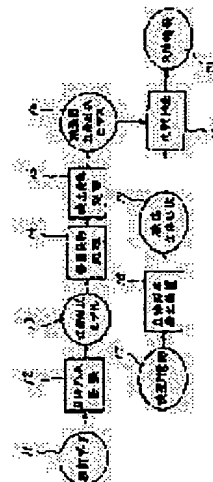
(72)Inventor : NAKAGAWA YASUO
KOSHISHIBA HIROYA
NINOMIYA TAKANORI
ICHINOSE TOSHIKI
YOSHIMURA KAZUSHI

(54) METHOD AND APPARATUS FOR INSPECTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable execution of comparative inspection of high reliability made to correspond to variations of the shape of a good product and the range of a change in the shape thereof, by a method wherein the three-dimensional shape of the good product determined from design data is compared with a three-dimensional shape detected.

CONSTITUTION: A three-dimensional shape conversion processing means 12 converts design data (CAD data) 11 into a three-dimensional shape model 13 of a format being matched with the format obtained from a three-dimensional shape detecting device 18. This model is subjected to a detective shape-change processing 15 to prepare a three-dimensional shape model 16 for inspection. Meanwhile, the device 18 obtains a detected three-dimensional shape 19 from an object 17 of inspection by an optical cutting method, for instance. A comparative inspection means 20 compares the three-dimensional shape 19 with the shape model 16 and detects noncoincidence. The degree of the part of the noncoincidence is evaluated and defect information 21 is outputted as the result of the evaluation. By this method, execution of the comparative inspection with the design data is enabled, and since the comparative inspection is made with the model to be detected as a good product originally, execution of inspection of high reliability is enabled.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A)

平4-169803

⑤Int.Cl.⁵G 01 B 11/24
G 01 N 21/88

識別記号

A
F
J

庁内整理番号

9108-2F
2107-2J
2107-2J※

④公開 平成4年(1992)6月17日

審査請求 未請求 請求項の数 10 (全13頁)

⑥発明の名称 検査方法及びその装置

⑦特 願 平2-295339

⑧出 願 平2(1990)11月2日

⑦発 明 者 中 川 泰 夫 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑦発 明 者 越 柴 洋 哉 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑦発 明 者 二 宮 隆 典 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑦発 明 者 一 ノ 瀬 敏 彰 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑨出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑩代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

最終頁に続く

明 細 書

1 発明の名称

検査方法及びその装置

2 特許請求の範囲

1. 設計データに対して立体形状変換を施して立体形状モデルを作成し、この作成された立体形状モデルに対して変形処理を施して検査用立体形状モデル画像を作成し、検査対象物を検出器で検出して検出立体形状画像を得、上記作成された検査用立体形状モデル画像と検出器で検出された検出立体形状画像とを比較して検査することを特徴とする検査方法。
2. 設計データに対して立体形状変換を施して立体形状モデルを作成し、この作成された立体形状モデルに対して、製造工程において生じる固有の変形処理を施して検査用立体形状モデル画像を作成し、検査対象物を検出器で検出して検出立体形状画像を得、上記作成された検査用立体形状モデル画像と検出器で検出された検出立体形状画像とを比較して検査することを特徴と

する検査方法。

3. 上記製造工程において生じる固有の変形処理として、縮小又は拡大処理を繰り返してテーパ状変形処理を施すことを特徴とする請求項2記載の検査方法。
4. 上記製造工程において生じる固有の変形処理として、角部について3次元的に丸み処理を行って角部固有の曲面変形処理を施すことを特徴とする請求項2記載の検査方法。
5. 設計データに対して、良品として許容しうるばらつきの範囲内で立体形状変換を施して複数の良品の立体形状モデルを作成し、これら作成された良品の立体形状モデルに対して変形処理を施して複数の検査用立体形状モデル画像を作成し、検査対象物を検出器で検出して検出立体形状画像を得、上記作成された各検査用立体形状モデル画像と検出器で検出された検出立体形状画像とを比較して信頼度の高い検査を行うことを特徴とする検査方法。
6. 設計データに対して立体形状変換を施して立

体形状モデルを作成する立体形状モデル作成手段と、該立体形状モデル作成手段で作成された立体形状モデルに対して変形処理を施して検査用立体形状モデル画像を作成する検査用立体形状モデル作成手段と、検査対象物を検出器で検出して検出立体形状画像を得る検出手段と、上記検査用立体形状モデル作成手段上記作成された検査用立体形状モデル画像と検出器で検出された検出立体形状画像とを比較して検査する比較手段とを備えたことを特徴とする検査装置。

7. 設計データに対して立体形状変換を施して立体形状モデルを作成する立体形状モデル作成手段と、該立体形状モデル作成手段で作成された立体形状モデルに対して、製造工程において生じる固有の変形処理を施して検査用立体形状モデル画像を作成する検査用立体形状モデル作成手段と、検査対象物を検出器で検出して検出立体形状画像を得る検出手段と、上記検査用立体形状モデル作成手段上記作成された検査用立体形状モデル画像と検出器で検出された検出立体

形状画像とを比較して検査する比較手段とを備えたことを特徴とする検査装置。

8. 上記検査用立体形状モデル作成手段において、縮小処理、又は拡大処理を高さ方向に繰り返して製造工程において生じる固有のテーパ状変形処理を施して検査用立体形状モデル画像を作成することを特徴とする請求項7記載の検査装置。

9. 上記検査用立体形状モデル作成手段において、角部について3次元的に丸み処理を行って製造工程において生じる角部固有の曲面変形処理を施して検査用立体形状モデル画像を作成することを特徴とする請求項7記載の検査装置。

10. 設計データに対して、良品として許容しうるばらつきの範囲内で立体形状変換を施して複数の良品の立体形状モデルを作成する良品立体形状モデル作成手段を、該良品の立体形状モデル作成手段によって作成された良品の立体形状モデルに対して変形処理を施して複数の検査用立体形状モデル画像を作成する検査用立体形状モデル作成手段と、検査対象物を検出量で検出し

て検出立体形状画像を得る検出手段と、上記検査用立体形状モデル作成手段で作成された複数の検査用立体形状モデル画像と検出手段で検出された検出立体形状画像とを比較して信頼度の高い検査を行う比較手段とを備えたことを特徴とする検査装置。

3 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は工業製品の外観検査において、検出立体形状を良品立体形状（設計データ）と比較検査する方法及びその装置（システム）に関する。

〔従来の技術〕

従来の一例として、①特公昭63-9602号公報は対象物に上方よりスリット光を投光、両側斜方よりこのスリット投影像を検出、これらより対象物の特定位置のプロファイルを検出する光切断法であった。そこでは抽出された光切断線よりはんだ付部を抽出し、抽出されたはんだ付部の光切断線部分に対して複数の判定アルゴリズム、その一つ一つは計数的処理であるが、を適用し、はんだ

付部の良否を評価するものであった。

また、従来技術②は、特開昭54-114264号公報は、同じく光切断法を検出手段とし、ネジの輪郭を抽出し、これを予め記憶された標準ネジパターン（良品形状）と比較し、予め設定された許容値以上の不一致を生じる部分を欠陥とするものであった。

これらはいずれも、対象物の立体形状を検出し、検査するものではあるが、その判定処理の対象となる検出情報は、XYZ空間における立体形状というのではなく、XZ平面上のプロファイルであった。しかし、いずれにしる立体的形状の検査をしており、以下本発明の実施例においても、実施例自体はXYZ空間における立体形状として説明するが、XZ平面上のプロファイルもその一部として含むものである。

さらに、従来技術③特願平01-180305号は、X線撮像によりとらえたはんだ付部の濃淡画像を基にはんだ付部の良否を判定する手段を示しており、立体形状そのものを検出して検査して

いるものではない。しかし、検出されたX線濃淡画像を対数変換することにより、はんだ付部の厚さ分布情報（厚さ画像）を得ており、その点で立体形状情報（距離画像）に近い情報を対象としている。そして、この実施例においては得られた厚さ画像（判定処理の主要部はその波形、すなわち厚さ波形であるが）を予め用意した良品はんだ付部のそれと比較し、不一致の大きさより良否を判定している。特に、良品はんだ付部が、いろいろな形状を有し、その変化範囲が大きいことも着目し、多数の各種良品はんだ付部の厚さ波形を収集し、これらよりクラスタリング処理により複数の典型的良品波形を抽出し、これらと検出厚さ波形を比較し、最も一致度の高い良品波形との不一致量を求め、これが予め設定した許容値を越えている時、そのはんだ付部を欠陥と判定している。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術には以下の問題があった。

従来技術①に関して言えば、はんだ付部の良品形状はバリエーションが多い、このため従来技術

対象物からの検出情報を比較することにより、良品のバリエーションに対応した検査を実現している。しかし、実物から典型的良品情報を作成するためには、実在しうる良品のバリエーションを包含するだけの多数の良品を検出する必要があり、このため、検査前にこれら典型的良品情報抽出に多大な手間を要するという課題がある。またこの方法では、設計変更により対象部の形状の一部が変更された場合、変更された仕様の良品多数について再度データを採り直す必要がある。さらに、この方法は、すでに多数の良品が存在することを前提にして初めて成立する方法であり、初めて作られた対象物を検査することは基本的にできない。

本発明の目的は上記従来技術①の課題を解決すべく、良品形状の持つバリエーション、形状の変形範囲に対応させて信頼性の高い比較検査を実現できるようにした検査方法及びその装置を提供することにある。

また本発明の目的は、上記従来技術②の課題を解決すべく、製造工程で発生する良品の変形、検

①では欠陥が持つ形状的特質に着目して複数の計数的処理を設定している。しかし不良品のバリエーションは、良品のバリエーションよりも幅が広い、つまり不良品の形態は極めて多様である。このため設定した計数的処理だけではこれらすべてを検出することができず、欠陥の一部を見逃すという課題がある。

また従来技術②では良品形状との比較検査を行っている。しかし、良品形状が持つ固有の、かつ許容しうる変形、例えば②の実施例で言えばネジ端部のばりやネジ山の丸味などの変化については考慮されていない。また検出に伴う固有の誤差、例えばこの実施例で言えば光学系の解像限度とこれに伴う光切断像のぼけに起因するネジ山のシャープさ劣化などの変化についても考慮されていないという課題を有していた。

また従来技術③では、各種バリエーションを持つ良品多数のX線画像を検出し、このようにして得た多数良品の検出情報からクラスタリング処理で典型的良品情報を複数個創成し、これらと検査

出に伴う立体形状情報の変形に影響されることなく、欠陥のみを確実に抽出してより高い精度で微細な欠陥まで検査できるようにした検査方法及びその装置を提供することにある。

また本発明の他の目的は、上記従来技術④の課題を解決すべく、良品との比較検査において良品データの準備工数の低減を、単一製品に対しても適用可能な検査とを実現できるようにした検査方法及びその装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、本発明は設計データ（CADデータ）から良品立体形状を求め検出立体形状と比較する。ここで良品立体形状は設計データから求めた立体形状に製造工程で対象物に生じる固有の変形処理（例えばテーパ処理、角部についての丸み処理）を施す。また、良品に良品として許容しうる、しかし無視できない大きさのばらつきがある場合には、そのばらつきの範囲内で複数の変形量の良品立体形状を求める。さらに／または、検出時に生じる固有の検出誤差のため

に生じる変形を施し良品立体形状を求める。そしてこのようにして求められた良品立体形状と検査対象物の検出立体形状を比較するものである。

〔作用〕

上記構成により、良品形状の持つバリエーション、形状の変形範囲に対応させて比較検査を行うことができ、その結果高い信頼度を得ることができる。また上記構成により、製造工程で発生する良品の変形、検出に伴う立体形状情報の変形に影響させることなく、高い精度で微細な欠陥まで検査を行うことができる。

又上記構成により、良品データの準備工数の低減をはかることができ、また単一製品に対しても適用可能にすることができる。

〔実施例〕

本発明の一実施例の構成を第1図に示す。第1図で四角で囲んだ部分が本発明の検査方法で行う処理（機能、方法）を、丸で囲んだ部分は入出力の情報を意味している。本実施例は、設計データ（CADデータ）11を入力とし、立体形状変換手

段による立体形状変換、製造変形処理手段14による製造変形処理、検出変形処理手段15による検出変形処理及び、検査対象物に対する立体形状検出装置18、及びこれらの出力間の比較検査手段20による比較検査からなる。

設計データ11は、立体形状変換処理手段12による立体形状変換処理により立体形状検出装置18からの出力フォーマットと合致したフォーマットの立体形状情報（立体形状モデル）13に変換される。立体形状検出器18によって検出される検出立体形状19が、 $(Z(x, y))$ で規定されるような2次元配列であれば、立体形状変換手段12による立体形状変換処理の出力も同一フォーマットの2次元配列である。以下、出力される立体形状モデル13を $(Z_u(x, y))$ と表現する。

例えば、第2図のように平面1上の座標 (x_0, y_0) 上に半径 r の球2が載っている設計データ11は

平面： $Z = 0$

球： $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - r)^2 = r^2$

の組合せとして与えられる。立体形状変換手段12による立体形状変換処理では、これを例えば第3図に示す2次元配列の情報に変換する。このため、上記設計情報11を元に次の変換処理を行う。

```
while y = 1, 2y0, 1
  while x = 1, 2x0, 1
    if  $r^2 - (x - x_0)^2 - (y - y_0)^2 \geq 0$ , then
       $Z(x, y) = r + \sqrt{r^2 - (x - x_0)^2 - (y - y_0)^2}$ 
    else
       $Z(x, y) = 0$ 
    end if
  end
end
```

立体形状変換手段12による立体形状変換処理は、設計データ11として表現されている形状の種類、CADシステム中の形状の表現法、立体形状検出器18の出力表現法により種々の変換処理が実現しうる。ここではその最も単純な実施例を上にし示した。

次に立体形状検出装置18の一実施例を第4図に

示す。第4図は光切断法による立体形状検出装置18であり、直線移動テーブル3、その上に固定されたスリット投光器4と2つのTVカメラ5と6、光切断線抽出回路7、光切断線合成回路8からなる。スリット投光器4よりスリット光9を対象物に投影し、その輝線を両斜め方向からTVカメラ5と6で検出する。両側から検出するのは、一方からだけでは対象物に死角を生じることがあるからである。検出されたスリット輝線像は、7に送られ、光切断線を抽出する。光切断線（波形情報）の抽出法の具体的処理内容は、特開昭56-70407号公報（特公平02-3121号公報）に示されている。また検出された2本の光切断線は光切断線合成回路8により視角部を消去するように合成される。この合成法の具体的処理内容は特開昭60-140107号公報に示されている。

以上の処理をテーブル3を移動しながら繰返し行うことにより、第4図左下に示す立体形状情報10、 $(Z(x, y))$ を得る。

以上、光切断法による立体形状検出器の一実施

例を示したが、光切断法としても、この他、スポット光走査方式光切断法（例えば、特開昭58-60593号公報（特公昭63-39841号公報））など各種方式を適用可能である。

さらに、本発明の立体形状検出装置は、光切断法に限定されるものではなく、その他の各種立体形状検出法、例えば、Shape from Shading法（例えば、池内：「反射率地図に基づき、二次元濃淡画像より三次元形状を再構成する2手法」、電子通信学会論文誌，Vol. J-65-D，No. 7，pp.842~849（'82年7月）），Photometric Stereo法（例えば池内：同上文献），Shape from Texture法（例えば、池内：「被写体表面上の小図形の幾何学的ひずみから3次元形状を再構成する1手法」，同上論文誌，pp.850~857），Shape from Specular法（例えば、寺師・白井・越川：「偏光を用いた光沢物体の表面形状の認識」，電子技術総合研究所案報，第50巻，第1号，pp.86~95），Shape from Suntrace法（例えば、J. Kender, E. Smith; "SHAPE FROM DARKNESS:

Deriving Surface Information from Dynamic Shadows", Proc. of 1st Int. Conf. on Compt. Vision, pp.539~546, ('87年6月)），Shape from Focus法（例えば、S. Nayar, Y. Nakagawa; "Shape from Focus: An Effective Approach for Rough Surfaces", Proc. of 1990 IEEE Int. Conf. on Robotics & Automationに掲載予定），ステレオ法（例えば、小堀・河野・篠崎：「ステレオ画像の三次元自動解析」，情報処理，Vol.22，No.9，pp.846~855（1981年9月））

以上に説明した立体形状検出器18の動作例として第5図に検査対象物の一例と第6図にその検出立体形状（ $Z_T(x, y)$ ）を示す。第5図の25は欠け欠陥である。第6図においても欠け26の部分は欠けの状態が検出されている。なお第3図，第4図，第6図において立体形状は光切断線の集合のように表現しているが、これは立体形状を分かりやすく説明するためにそのように表現しているものであり、立体形状モデル（ $Z_M(x, y)$ ）や

検出立体形状（ $Z_T(x, y)$ ）は、そのようにも表示できるし、また x, y 平面上で高さを明るさで表現すれば高い部分が明るい濃淡画像、すなわち距離画像である。これらは画素単位の離散的データである。

次に製造変形処理手段14による製造変形処理と検出変形処理手段15による検出変形処理の動作内容について説明する。製造変形処理手段14による製造変形処理は、製造工程中で生じる、立体形状モデル（ $Z_M(x, y)$ ）には表現されていない製造工程中对象物に加えられる変形と等価の処理を立体形状13に施すことである。

従ってその具体的処理内容は製造工程固有のものである。それらの例の一部を以下に示す。

第7図は、厚さ t の立体形状モデルを例示している。第7図(a)は設計データ11であり、白部が $Z=0$ ，黒部が $Z=t$ の領域を意味しているものとする。例えばフォトエッチングで製作される工業製品ではしばしばその設計データ11はこのような要素で表現されている。第7図(b)はこの

情報を基に立体形状変換手段12により立体形状変換処理により形成された立体形状モデル13の模式図であり、第7図(c)はそのA-A断面を示している。

これに対し、例えばフォトエッチング工程では第8図(a)に示すようにまずフォトレジスト12のパターンを表現に形成し、これをマスクに第8図(b)のようにエッチングを行い、最後に第8図(c)のようにフォトレジストを除去して完成する。このため製造変形処理手段14における製造変形処理では第7図(b)の立体形状モデル13を、第9図(a)の立体形状モデルに変形させる。第9図(b)は第9図(a)のA-A断面であり、これは第8図(c)と一致している。

製造変形処理手段14又は検出変形処理手段15によって、第7図(b)に示した立体形状モデルから第9図(a)に示した検査用立体形状モデル16への変形処理を第10図(a)に示す。白部が $Z=0$ ，黒部が $Z=t$ である設計画像58に対し、膨張処理部51で黒部の領域を一画素膨張させた画像59を得

る。さらに膨張処理部52で一画素膨張させ、元の設計画像58に対し2画素膨張させた画像60を得る。減算部53で、一画素膨張させた画像59と元の設計画像58の差画像61を得る。この差画像61に対し乗算部55であらかじめ与えた値 k_1 を乗ずる。同様に、設計画像58に対し2画素膨張させた画像60と一画素膨張させた画像59の差画像62を減算部54で計算する。差画像62に対し、乗算部56で k_2 倍し、暗部が $Z = k_2 t_0$ の画像を得る。設計画像58と、暗部が $Z = k_1 t_0$ の画像63と、暗部が $Z = k_2 t_0$ の画像64を加算部57で加算し、階段状の濃度分布を持つ画像65を得る。膨張処理の段数をこの例では2段としたが一般には、 n 段とすることで、滑らかな階段状の立体形状モデルを得る。定数 k_i は、膨張処理の段数 n より、 $k_i = \frac{n-i+1}{n+1}$ とすると、断面が第9図(b)に相当する検査用立体形状モデル16を得る。 k_i の設定を変えることで、任意の断面のホトレジストのモデルを得ることができる。

膨張処理部51の処理オペレータを第10図(b)に

の検査法の実施例を第12図に示す。第12図は、実施例の一部分であり、その全体は立体形状モデル13より左側及び検査用立体形状モデル16の下側は、第1図のそれと同じものがあるが、第12図ではこれらを省略している。

また、第11図(f)と(g)は、第10図(e)のB部の拡大であるが、工業製品ではしばしばミクロ的に観察するとこれらのようにコーナやエッジ部、断差部でだれを生じていることがある。また、このようなだれを生じていなくても、検出器の解像限度に近い性能で微細欠陥を検出しようとする、検出器の解像特性からこのようなだれを生じることがある。これらについても、だれの変形を製造変形処理手段14又は検出変形処理手段15にり立体形状モデルに施すことが可能である。その一実施例としては、ぼかしフィルタを作用させることであり、これは局所ウィンドの平滑化処理(例えば、 3×3 画素の平均値処理)や、だれを点拡がり関数としてとらえ、これをガウス分布で近似し、フィルタリング処理することも可能である。具体的

示す。本オペレータは 3×3 画素に作用する。要素が全て1のオペレータである。本オペレータを白部が $Z = 0$ 、黒部が $Z = t_0$ の画像に作用させ、結果が t_0 以上の画素を t_0 とすることで膨張処理を実現できる。

以上により第9図のような検査用立体形状モデル16を得ることが可能である。またフォトリソエッチング工程では、エッチング条件を制御することにより、第11図(a),(b),(c),(d),(e)に例示するような種々の断面形状を作り出すことが可能であるが、製造変形手段14による製造変形処理ではこれらの断面形状に立体形状モデル13を変形させることも可能である。これらの断面形状は、その形状データを実物からの測定結果などを基に与えても良いし、この検査方法の中に、製造工程のシミュレータ22を用意しておき、これを使って与えても良い。これは、検出変形処理手段15による検出変形処理についても同様であり、検出器のシミュレータ23を予め用意しておき、これを用いて検出変形処理手段15により変形させても良い。こ

には、点拡がり関数を

$$P(x, y) = \frac{1}{\pi \sigma^2} \exp \left(-\frac{x^2 + y^2}{\sigma^2} \right) \quad : \sigma^2 \text{ 分散}$$

と仮定し、

$$Z_n(x, y) = \iint P(x-x', y-y') Z_n(x', y') dx' dy'$$

の処理をすれば良い。なお、上式は連続系の式で表現したが、離散データに対しては f を Σ として適用することができる。このようなフィルタリング処理は、局所オペレータによる重み付き平均値処理であり、その重み分布の例を第13図に示す。

このような、エッジ部のだれや検出画像のぼけは、必ずしも製造工程中の変形と検出器による変形に切分けられないことや切分けても意味がないことが多い。このようなケースに対しては、製造変形処理と検出変形処理を統合して変形処理手段24による変形処理として扱った方が適している。この検査法の実施例を第14図に示す。第14図は第12図と同じくこの実施例の一部であり、その他の部分は第1図と同一である。

製造変形処理手段14による製造変形処理の他の実施例の一つとしては、はんだ付部の変形処理を説明する。第15図(a)はプリント板33のパッド34、35上にチップ部品36が搭載され、はんだ37、38により接合されている。はんだはペースト印刷やはんだめっきにより供給されるため、製造工程では不可避免的に供給はんだ量にばらつきを生じる。その結果、第15図(b)、(c)のようにはんだ付部の形状は良品と言えども変化する。今、(b)の状態を良品の上限(c)の状態を良品の下限とすると、比較検査においては、これらを含む複数のはんだ付形状を変形処理手段24による変形処理により作り出し、これらと検出立体形状19を比較し、一致度の最も高い時の不一致量を評価することにより、はんだ付部の良否を決定する。なお、はんだ付部のモデル形状は、例えばケンスイ線として与えることができる。

このように検査対象によっては、製造工程で複数のバリエーションを生じるケースがあり、これらの対象については複数の検査用立体形状モデル

な変形処理の一実施例を示す。

$$Z_R(x, y) = Z_M(x, y) + 5(Z_M(x, y) - \frac{1}{5}(f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1))) \quad \dots\dots(1)$$

また、対象物には存在するが、立体形状検出器18では検出できない領域が存在することがある。例えば死角になって見えない領域や検出深度域を越えた高い突起部や深い凹部などがその例である。また、品質管理や製品検査上、どうなっているともない領域、検査する必要のない領域が存在することもある。これらの領域については、その部分を比較検査する必要がない。これらについては不必要領域を示すdon't care マスクを作ることができる。このマスク(M(x, y)) M=0, 1で0が検査域、1が検査不要域であり、比較検査手段20による比較検査では0の部分のみ処理すれば良い。

次に比較検査手段20による比較検査の実施例を述べる。比較検査手段20による比較検査では検出立体形状(Z_T(x, y))19と検査用立体形状モデル(Z_R(x, y))16, 30を照合し、不一致を

30を与える必要がある。これらの他の例としては、搭載部品の位置ずれや傾きなどがある。これらに対応する本発明の一実施例を第16図に示す。第16図は第12図と同じくこの実施例の一部を示しており、その他の部分は第1図と同一である。

この他、製造変形処理手段14による製造変形処理の実例としては、機械加工部などの面とりやばりなどに対応する処理がある。

次に形状変形処理手段15による形状変形処理の実施例について示す。段差部などのだれやぼけに対応するぼかしフィルタ、平滑化処理、点拡がり関数については上に述べた。これらは最も典型的な検出変形処理である。

また、共焦点顕微鏡で立体形状を求める場合などにおいては、しばしば高周波成分が強調された立体形状になることがある。第17図はその例を示しており、第17図(a)のような立体形状モデル13が第17図(b)のように検出される。このような検出器に対する検出変形処理としては、2次微分成分などの強調が考えられる。式(1)にそのよう

検出する。そして不一致部に対し、その程度を評価し、その結果として欠陥情報を出力する。

(Z_T(x, y))と(Z_R(x, y))の照合と不一致検出には各種のマッチングアルゴリズムや差画像抽出アルゴリズムが適用できる。(Z_T(x, y))と(Z_R(x, y))について例えば2次微分オペレータを作用させ、かつこの出力をしきい値処理することにより、エッジの2値画像{(E_T(x, y))と(E_R(x, y))}を求め、次式により2つの画像の位置ずれ量(ΔX, ΔY)を求める。

$$(\Delta X, \Delta Y) = [(\Delta x, \Delta y) \mid \min \left(\sum_y \sum_x (E_T(x, y) \oplus E_R(x - \Delta x, y - \Delta y)) \right) \mid \Delta x = -m, m, \Delta y = -m, m] \quad \dots\dots(2)$$

ここで、Σの範囲は例えば画面全面、

|は[A | B]で、Bが成立する条件下のAを表す。

⊕は排他的論理和である。

そして、(Z_R(x - ΔX, y - ΔY))と(Z_T(x, y))の差画像を求めることにより、不一致を検出することができる。また、あらかじめ位置合わせ

ができている場合には、 $\{Z_s(x, y)\}$ と $\{Z_r(x, y)\}$ の差画像 ($Z_d(x, y)$) を直接求めることができる。

以上の実施例は、最も単純な照合法の例であるが、この他に、微小欠陥を検出する比較検査法として、局所振動パターンマッチング法特開昭 63-32666 号公報、「局所振動パターンマッチング法による L S I ウェーハパターンの精密外観検査」、電子情報通信学会論文誌、Vol. J72-D-II, No.12, pp2041~2050(1989年12月) や、カスケードパターンマッチング法(前田、他 5; 「カスケードパターンマッチングによる L S I ウェーハ多層パターン自動外観検査」、電子情報通信学会論文誌、Vol. J72-D-II, No.12, pp2012~2022) 及びその中で用いられている画素補間によるサブ画素間の比較処理なども適用することができる。その他各種の比較検査手法が適用可能である。

抽出された ($Z_d(x, y)$) に対し、その絶対値があらかじめ設定したしきい値以上の部分を不

一致として抽出する。

そして、これは不一致部について評価を行う。最も単純な評価は、不一致部があれば不良として出力するものである。またその部分の面積(不一致画素数)や不一致量(明さ差×画素数の和)が予め設定したしきい値以上の時、これを欠陥として出力することも可能である。さらに不一致の形状をより詳細に ($Z_r(x, y)$) と ($Z_s(x, y)$) を参照しながら評価することも可能である。また不一致部について立体形状 ($Z_r(x, y)$) だけでなく、濃淡画像やカラー画像あるいは不一致部のより高倍率のこれら画像を予め用意した高倍率な立体形状検出器や濃淡画像検出器やカラー画像検出器により検出し、これら画像情報を評価することにより最終的に欠陥を認識することも可能である。さらに、対象物を加振したり、X線画像を検出したりというように、その他の手段を併用することも可能である。

以上、本発明の実施例を説明したが、以上の処理手段 12, 14, 15, 24 の全体を検査装置 18, 20 内

に実現しても良いし、その一部をオフマシンの処理としても良い。例えば、立体形状モデル ($Z_u(x, y)$) 13 または検査用立体形状モデル ($Z_v(x, y)$) 16 までをオフライン処理とし、検査装置 18, 20 にはこれらモデル情報を入力することでも良い。

また、本実施例では ($Z_u(x, y)$) に対し、変形処理を施す実施例を示したが、($Z_u(x, y)$) を求める前に変形処理を、またはその一部を施すことも可能である。

さらに、本実施例では一貫して立体形状情報、すなわち距離画像に対して示したが、距離画像だけでなく、プロフィール波形(断面形状)、濃淡画像 ($I(x, y)$)、カラー画像などの多次元画像 ($I_i(x, y)$, $i = 1, n$)、対象物の内部構造情報を含む 3 次元情報、3 次元画像 ($I(x, y, z)$) 及びこれらの波形情報に対しても本発明は有効である。

〔発明の効果〕

本発明によれば、設計図との比較照合、設計デ

ータとの比較検査が可能であり、特に製造工程のプロセス条件など製造条件及び検査における検出条件を考慮した、本来良品として検出されるべきモデルと比較検査することが可能である。このため極めて信頼性の高い検査を実現できる。

また、実在する良品との比較検査、実物同士の比較検査ではないため、1 個しか作らないような製品でも検査することができる。また多数の実物良品から標準形状情報を収集するなどの手間が不要であり、検査に入る前の準備作業を大幅に軽減できる。

また、設計変更、製造工数やプロセス条件の変更、あるいは検出器の変更に対しても、それぞれ該当するデータや変形処理のみを変更すれば良いので、フレキシビリティに登みかつ常に高いレベルで均質な検査を実現できる。

さらに、設計データは CAD データを参照することにより入力できる。また製造変形処理のための製造工程シミュレータは、製造品質制御用ソフトウェアシステムの一部としての活用できるなど、

本発明は将来の計算機統合された生産システム全体の中でも、諸資源を有効に活用できるなどの効果を有している。

4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の検査装置の一実施例の全体構成を示す図、第2図は設計データの例を説明するための図、第3図は立体形状モデルの例を説明するための図、第4図は立体形状検出器の一実施例を示す図、第5図は検査対象物の一例を示す図、第6図は検査対象物の検出立体形状を説明するための図、第7図は検査対象物の一例の設計データと立体形状モデルを説明するための図、第8図は製造工程の一例としてエッチング工程を例に対象物の加工による変化を説明するための図、第9図は製造変形処理による立体形状モデルの変形結果の一例を示す図、第10図はその具体的処理内容を説明するための図、第11図はその他の製造工程における対象物の形状変化を例示した図、第12図は本発明の他の一実施例を、第1図の一部分を切出し説明した図、第13図はガウス分布だれ、ぼかし

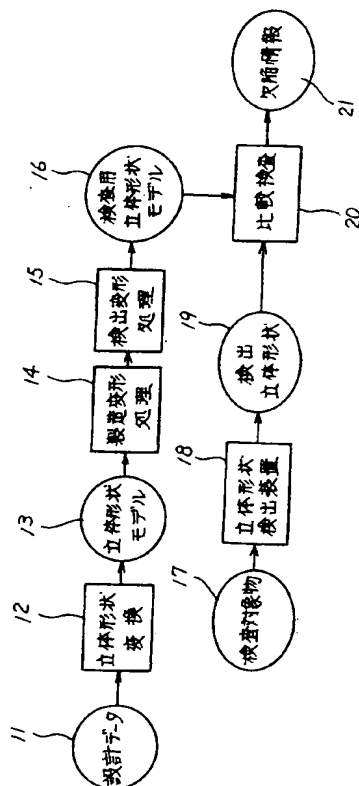
フィルタを説明するための図、第14図は本発明の他の一実施例を、第1図の一部分を切出して説明した図、第15図ははんだ付部の形状バリエーションを説明するための図、第16図は本発明の他の一実施例を、第1図の一部分を切出して説明した図、第17図は検出変形の一例として高周波成分強調の例を説明するための図である。

- 11…設計データ、 12…立体形状変換手段、
13…立体形状モデル、 14…製造変形処理手段、
15…検出変形処理手段、
16…検査用立体形状モデル、
17…検査対象物、 18…立体形状検出装置、
19…検出立体形状、 20…比較検査手段、
21…欠陥情報、 24…変形処理手段、
30…複数の検査用立体形状モデル。

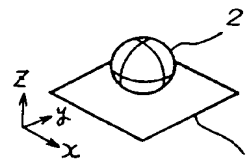
代理人弁理士 小 川 勝 男



第 1 図



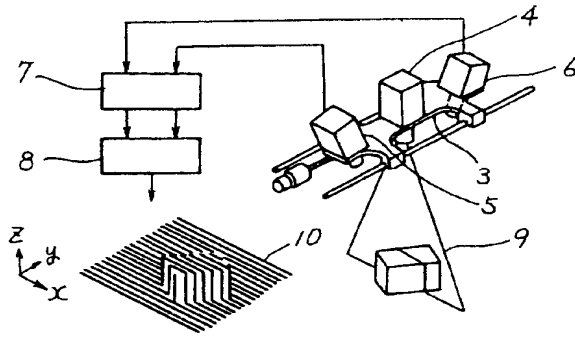
第 2 図



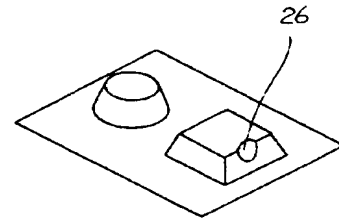
第 3 図



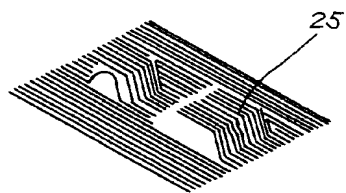
第 4 図



第 5 図



第 6 図

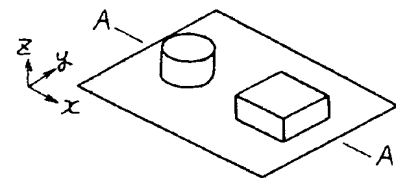


第 7 図

(a)



(b)

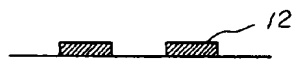


(c)

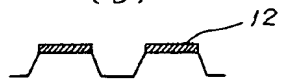


第 8 题

(a)



(b)

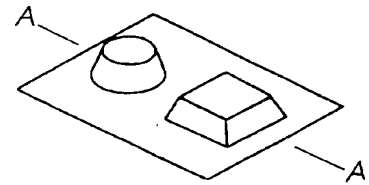


(C)



第 9 题

(a)

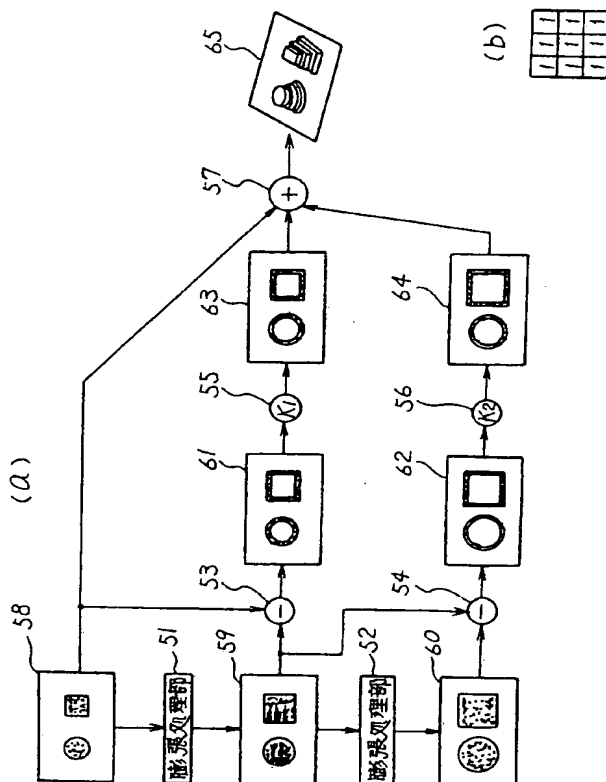


(b)



第 10 回

(a)



(9)

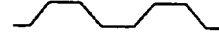


第 11 圖

(a)



(b)



(C)



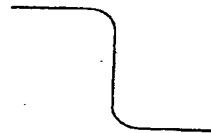
(d)



(e)



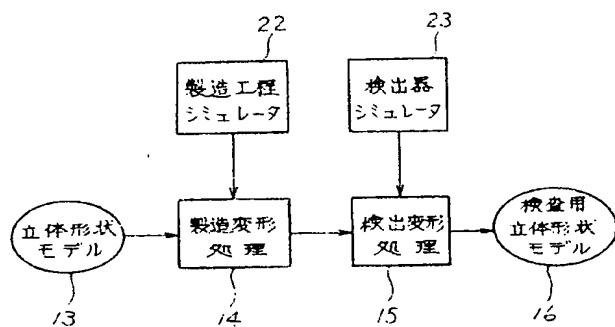
(f)



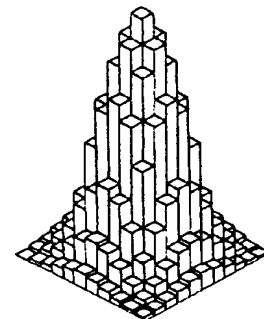
(g)



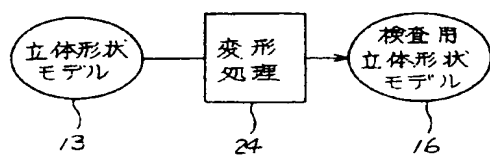
第 12 図



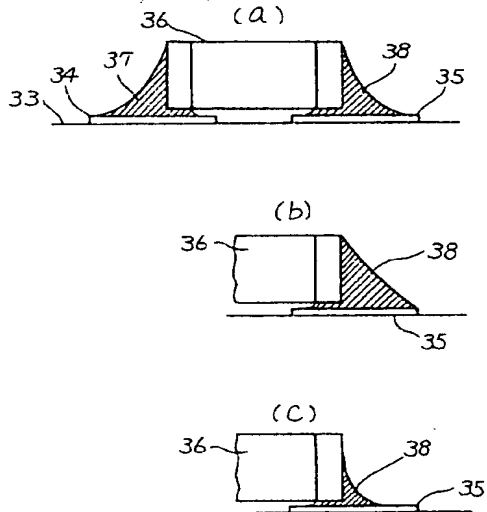
第 13 図



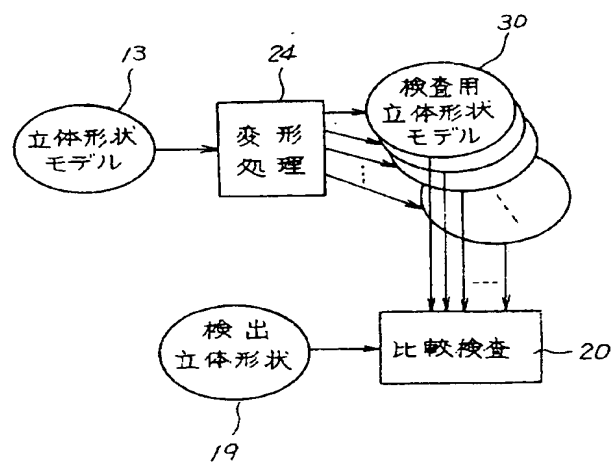
第 14 図



第 15 図



第 16 図



第 17 図

(a)



(b)



第 1 頁の続き

⑤Int. Cl. 5

G 06 F 15/62

識別記号

4 0 0
4 1 5

庁内整理番号

8526-5L
8526-5L

⑦発 明 者 吉 村

和 士

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作
所生産技術研究所内